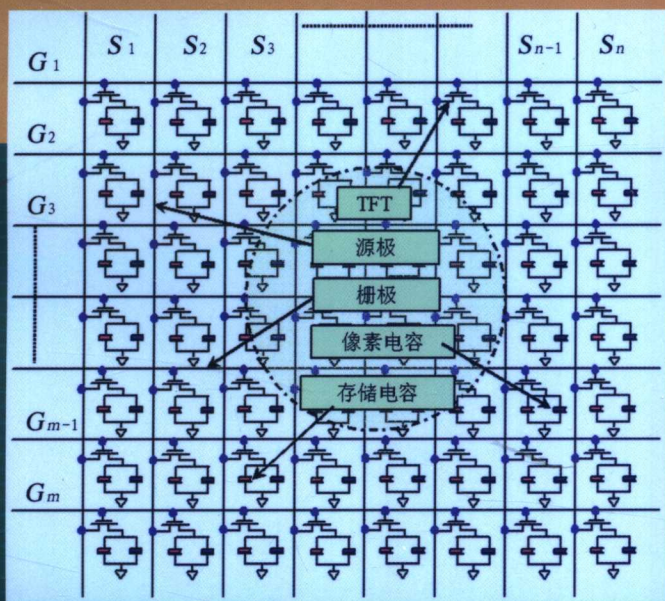




薄膜晶体管(TFT) 阵列制造技术

编著 谷至华



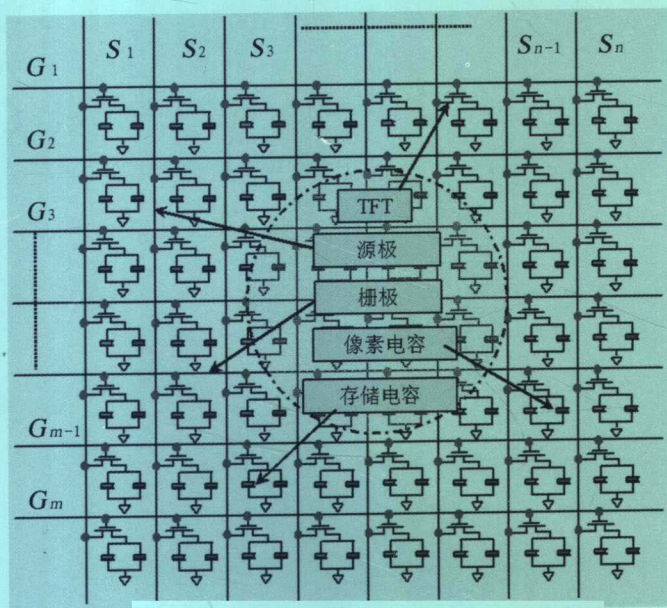


TN32/21

2007

薄膜晶体管(TFT) 阵列制造技术

编著 谷至华



復旦大學 出版社

图书在版编目(CIP)数据

薄膜晶体管(TFT)阵列制造技术/谷至华编著. —上海:
复旦大学出版社, 2007. 9
ISBN 978-7-309-05655-6

I. 膜… II. 谷… III. 薄膜晶体管-制造 IV. TN321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 113948 号

薄膜晶体管(TFT)阵列制造技术

谷至华 编著

出版发行 复旦大学出版社 上海市国权路 579 号 邮编 200433
86-21-65642857(门市零售)
86-21-65100562(团体订购) 86-21-65109143(外埠邮购)
fupnet@fudanpress.com <http://www.fudanpress.com>

责任编辑 范仁梅
总编辑 高若海
出品人 贺圣遂

印刷 上海华文印刷厂
开本 787×960 1/16
印张 26.75
字数 480 千
版次 2007 年 9 月第一版第一次印刷
印数 1—4 100

书号 ISBN 978-7-309-05655-6/T·317
定价 45.00 元

如有印装质量问题, 请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

内容提要

高质量的平板显示器的核心是薄膜晶体管 (thin film transistor, TFT) 矩阵的特性和制造技术。本书主要介绍非晶硅 (amorphous silicon, a-Si) TFT阵列大规模生产的制造技术。

全书共13章,从TFT元件的结构及特点,到TFT检查与修复,包括TFT阵列制作清洗工艺、成膜工艺、光刻工艺、不良解析和检查修复。本书从TFT阵列大规模制造的角度,第一次比较全面地介绍了TFT-LCD生产线的TFT阵列制造工艺技术、工艺参数、生产工艺技术管理、工艺材料规格、设备特性、品质控制、产品技术解析;书中还以工艺原理、设备参数控制、材料特性要求、生产工艺文件要求等大规模生产技术要素为核心,比较完整地介绍了现代化信息制造业的工艺流程与工艺管理。

本书可作为平板显示行业工程师、技术人员、管理人员的培训教材,也可供高等院校相关专业方向研究人员、研究生以及相关行业从业人员参考。

出版说明

科学技术是第一生产力。21 世纪,科学技术和生产力必将发生新的革命性突破。

为贯彻落实“科教兴国”和“科教兴市”战略,上海市科学技术委员会和上海市新闻出版局于 2000 年设立“上海科技专著出版资金”,资助优秀科技著作在上海出版。

本书出版受“上海科技专著出版资金”资助。

上海科技专著出版资金管理委员会

推动科技出版事业
提高学术水平

为「上海科技著作出版资金」题

徐匡迪

二〇〇〇年十一月十一日

序

工业革命造就的工业社会,解决了人类肢体能力的延伸。人类进入信息社会,希望解决的是人类思想能力,即智力的延伸。计算机和网络技术的发展大大推动了社会信息化进程,而显示技术又为社会信息化提供了人机最主要的信息交换界面,其重要性越来越显现。社会的信息化推动了显示器件的平板化、便携化和节能化发展;反之,显示器件的日新月异发展又为社会信息化提供了必要条件。

液晶显示器件是大量现代科学技术成果的结晶,成为平板显示器件的主流,日益受到社会的青睐。本书系统介绍了液晶显示器件(TFT-LCD)的核心制造技术——TFT阵列制造技术,这对该产业的研究和发展具有现实意义。我们产业界人士因从中受益而感谢作者谷至华先生的辛勤劳动。我相信教育界、科技界和经济界的其他人士也同样会从中受益。

愿我们的平板显示产业蓬勃发展!愿大家一起为平板显示产业的发展多作努力和贡献!

上海广电(集团)有限公司

顾培柱

2007年8月8日

编者的话

平板显示作为继汽车和大规模集成电路之后第三个具有全球影响力的新兴产业正在迅速崛起,也是我国“十一五”和中长期科技发展的重点产业。国内 TFT-LCD 产业发展炙手可热。编写这本书的目的是抛砖引玉,希望有更多的人来关心 TFT 平板显示工业技术问题,通过技术交流提高产业的技术水平,希望国内关于 TFT-LCD 领域的生产技术的交流活跃起来。

本书主要介绍的是一些生产技术的问题,也是一个尝试。过去生产技术领域的交流比较少,一方面是有些忌讳;另一方面,可能是可以交流的东西也不多。但是随着我国制造业的发展,生产技术领域的交流会越来越重要。我相信一个健康的、有生命力的产业技术环境应该是开放的,交流促进发展。

由于编写的时间非常仓促,内容上免不了有这样那样的问题,希望读者指教。

本人在这里要特别感谢在 SVA-NEC 工作期间和申智渊博士、董承远博士、于涛博士,赵海锋、陈晟、张锋、王小凤、谢晓明、徐华伟、徐伟齐、张俊峰、田广彦、华勇、马哲国、吴宾宾、黄翔、谭智敏、茅建峰、王劼、陈刚、沈奇奇、储培鸣、周钰丹、谭莉、沈洵、宋志杨、陈宁、陈建军等技术人员的讨论,感谢朋友们为这本书的出版提供的宝贵支持。感谢复旦大学研究生杨雨婷同学为本书做了大量的文稿校对工作。

谷至华

2007 年 6 月

于复旦 上海

目 录

引 言	1
一、平板显示——人类智慧之窗	1
二、薄膜晶体管的技术特点	2
第一章 TFT-LCD 生产线建设	6
1.1 TFT-LCD 项目准备工作	6
1.2 投资估算	8
1.3 厂房建设	9
1.4 净化系统	11
1.5 信息管理系统	13
1.6 技术管理系统	17
1.6.1 技术系统的结构	17
1.6.2 岗位职责	19
1.6.3 技术文件	20
1.7 TFT 阵列制造的主要设备	23
1.8 TFT 阵列制造的设计技术和研发	25
第二章 TFT 元件的结构及特点	27
2.1 场效应晶体管的工作原理	27
2.2 非晶硅 TFT 的结构与特点	32
2.3 TFT 阵列	36
2.3.1 TFT 与像素、子像素和显示格式	36
2.3.2 TFT 与像素间距	39
2.3.3 TFT 与亮度	40
2.3.4 TFT 与对比度	40
2.3.5 TFT 与开口率	41
2.3.6 TFT 与响应速度	43

2.3.7	TFT 与闪烁	43
2.3.8	TFT 的寄生电容与交叉串扰	44
2.3.9	TFT 阵列的等效电路	44
2.3.10	TFT-LCD 显示器 TFT 的主要参数	46
第三章	TFT 工艺概述	47
3.1	阵列工艺的主要设备	48
3.2	阵列工艺的主要原材料	52
3.2.1	玻璃基板	53
3.2.2	靶材	54
3.2.3	特药、特气	55
3.3	7 次光刻的简要回顾	55
3.4	TFT 5 次光刻的工艺技术	67
3.5	4 次光刻技术	69
3.6	多晶硅和高迁移率 TFT 技术	75
3.6.1	多晶硅 TFT 技术	75
3.6.2	非硅基高迁移率 TFT	81
3.7	硅基液晶显示技术	82
3.8	TFT 阵列工艺技术课题	83
3.9	TFT 制造统计过程控制	84
第四章	TFT 阵列制作清洗工艺	90
4.1	污染物来源及分类	90
4.2	洗净原理及方法	92
4.2.1	湿式清洗	92
4.2.2	干式清洗	93
4.3	洗净材料	94
4.4	洗净设备	101
4.5	清洗工艺条件的确定	109
4.5.1	紫外干洗工艺条件的确定	109
4.5.2	洗净能力评价	111
4.5.3	干燥处理	112
4.5.4	单元条件设定和点检	112

4.6	清洗作业安全及作业异常处置	115
4.6.1	清洗作业安全及注意事项	115
4.6.2	作业异常处置	115
4.7	洗净工艺展望	116
第五章	溅射成膜(金属膜)	117
5.1	溅射技术历史的简短回顾	117
5.2	溅射原理及分类	121
5.2.1	溅射原理	122
5.2.2	溅射分类	125
5.3	溅射材料	129
5.3.1	溅射气体	129
5.3.2	溅射靶材	129
5.4	溅射设备	130
5.4.1	溅射设备的结构	131
5.4.2	成膜室构造	133
5.4.3	溅射设备的主要技术指标	134
5.5	溅射工艺条件的确定	138
5.5.1	直流电源功率的确定	138
5.5.2	成膜气体压力的确定	140
5.5.3	工艺室真空度的确定	140
5.5.4	磁场强度及其分布	141
5.5.5	成膜温度的确定	141
5.5.6	溅射距离	142
5.6	金属膜质量控制	143
5.6.1	基板表面灰尘管理	143
5.6.2	Sheet 阻抗测量	143
5.6.3	透过率和反射率测量	143
5.6.4	结晶构造观察	145
5.6.5	膜应力测量	145
5.6.6	密着性测定	146
5.6.7	膜厚测量	146
5.6.8	金属膜的工艺问题	146

5.7 溅射作业安全及异常处理	147
第六章 CVD 成膜(非金属膜)	153
6.1 化学气相沉积技术原理及分类	154
6.1.1 化学气相沉积技术原理	154
6.1.2 化学气相沉积技术的分类	156
6.2 CVD 材料	158
6.2.1 硅烷(气)	158
6.2.2 磷烷	159
6.2.3 氨气	160
6.2.4 笑气	161
6.2.5 氢气	161
6.2.6 氮气	162
6.3 CVD 设备	163
6.3.1 Unaxis 设备总体结构说明	166
6.3.2 装载腔和传送腔结构	168
6.3.3 反应室结构	169
6.3.4 供气、排气、除害、水循环系统	170
6.3.5 附件	171
6.4 CVD 工艺条件的确定	174
6.4.1 G-SiN 工艺条件	174
6.4.2 连续3层成膜	181
6.5 TFT 元件特性的简单讨论	184
6.6 CVD 成膜设备的回顾与展望	188
第七章 曝光与显影工艺技术	191
7.1 工艺原理	191
7.1.1 基本概要	191
7.1.2 TFT 的结构	192
7.1.3 工艺流程	194
7.2 曝光工艺材料——光刻胶	195
7.3 曝光工艺设备	197
7.3.1 涂胶机	197

7.3.2	曝光装置	201
7.3.3	掩模板	208
7.4	工艺条件的确定	213
7.5	灰度掩模板光刻工艺	218
7.6	曝光量与光刻胶形状评价	220
7.6.1	工艺评价项目	221
7.6.2	工艺调试	221
7.6.3	光刻胶刻蚀	223
7.6.4	GT 部光刻胶断面形状的确 认	224
7.7	工艺管理与设备日常点检	225
7.7.1	工艺管理	225
7.7.2	设备日常点检	227
7.8	显影	230
第八章	湿刻工艺技术	232
8.1	湿法刻蚀原理	233
8.2	湿刻工艺	235
8.3	湿法刻蚀设备	238
8.4	工艺性能要求	239
8.4.1	栅极湿刻	239
8.4.2	漏源极湿刻	240
8.4.3	像素电极湿刻	243
8.5	工艺参数	245
8.5.1	药液温度	246
8.5.2	药液处理时间	246
8.5.3	药液喷淋压力	255
8.5.4	药液浓度控制及药液寿 命	256
8.5.5	药液入口淋浴流量	256
8.5.6	液切气刀流量	257
8.5.7	水洗时间与水洗喷淋压 力	257
8.5.8	水洗入口淋浴流量	258
8.5.9	干燥槽空气刀的流量	258
8.6	湿刻工艺中常见的缺陷	258

第九章 干刻工艺技术	265
9.1 等离子体干刻原理	266
9.2 干刻设备	271
9.3 干刻工艺	273
9.4 硅岛刻蚀工艺	277
9.4.1 硅岛刻蚀工艺规范.....	278
9.4.2 日常点检与灰尘检查.....	281
9.4.3 调整作业.....	283
9.4.4 刻蚀速率的测定.....	283
9.4.5 段差测定.....	284
9.5 光刻胶刻蚀工艺	292
9.6 沟道刻蚀工艺	293
9.7 接触孔刻蚀工艺规范	296
第十章 光刻胶剥离与退火	303
10.1 光刻胶剥离原理与材料.....	304
10.2 工艺要求.....	305
10.3 装置介绍.....	306
10.4 重要工艺参数.....	310
10.5 工艺条件设定.....	312
10.6 日常点检.....	319
10.7 退火.....	321
第十一章 缺陷解析技术	323
11.1 缺陷解析基础.....	323
11.1.1 影响 TFT 性能的主要参数及其因数	323
11.1.2 像素电容的充电.....	325
11.1.3 电压补偿.....	329
11.1.4 栅极延迟.....	331
11.2 TFT 阵列缺陷的分类与代码	334
11.2.1 TFT 阵列缺陷的分类	334
11.2.2 TFT 阵列缺陷代码	338
11.3 缺陷解析的主要工具.....	339

11.4	缺陷解析流程	339
11.4.1	缺陷分布图	341
11.4.2	设备调查	343
11.5	主要缺陷解析	343
11.6	TN型液晶显示器 TFT 缺陷图谱及解析	348
11.7	超精细宽视角型液晶显示器 TFT 缺陷图谱及解析	357
第十二章	TFT 检查与修复	361
12.1	阵列检查流程	361
12.2	流程设定	366
12.3	检测设备	368
12.4	宏观/微观检查	368
12.4.1	宏观检查	369
12.4.2	宏观/微观检查设备工作原理	372
12.5	自动外观检查装置	374
12.6	激光修复和激光 CVD 装置	380
12.7	阵列测试检查装置	383
12.8	断路和短路电气检查装置	391
12.9	附录 TN 4 Mask 产品图案检查操作规格书	396
第十三章	TFT 制造工艺小结与技术展望	404
13.1	TFT 阵列制造工艺小结	404
13.2	TFT 平板显示技术展望	408
	参考文献	410

引 言

一、平板显示——人类智慧之窗

20 世纪的人类技术成果可以用“地球村”简单概括,主要解决人类的肢体能力的延伸。计算机技术、网络技术和平板显示技术的出现把人类带入了信息社会。人类技术革命的重点转向人类智能的延伸和共享。平板显示技术满足了信息社会的根本技术需求,继汽车和计算机产业之后成为第三个具有全球影响力的高新技术产业正在迅速崛起。平板显示决不仅仅是大屏幕数字化平板电视,平板显示技术的真正意义在于它将把人类带入移动和无纸办公时代,把人类由“地球村”时代带入“智能星球”时代,是实现人类智能延伸与共享的智慧之窗。

数字化家庭、数字化通讯、数字化教育、数字化医院、数字化图书馆、数字化办公、数字化城市、数字化国家,被简化为同样的 0 和 1 的声音、影像、数据、图表、文字等数字化信息流,通过计算机网络在我们星球的空间传递、交流。汹涌澎湃的信息化浪潮席卷人类社会的各个角落,经济合作,技术合作,资源共享,智力共享打破了语言、时间和地域的限制,人类开始进入智力延伸的“智能星球”的信息社会。在未来的 100 年甚至更长的历史时间内平板显示技术是信息社会的基础产业,是信息技术的核心器件,平板显示的应用如图 0.1 所示。发展平板显示技术决不是权宜之计,这是一个新的技术时代的开始,大量的工作现在刚刚开始。

在众多平板显示器的激烈竞争中,液晶显示器(liquid crystal display, LCD)能够脱颖而出,成为新一代的主流显示器绝不是偶然的,这是人类科技发展和思维模式发展的必然。

液晶显示器避开了平板显示器最困难的发光材料问题。人们巧妙地利用了液晶作为光阀的优良特性,把构建性能卓越的发光显示器件分解成两个部分,即光源和对光源的控制,这样问题就简单多了。

作为光源,无论是从发光效率、显色性,还是寿命,人类都已经取得了非常辉煌的成就,而且这方面的工作还在不断地深入。人们在发光材料方面取得的最新成果都会为液晶显示器提供新的光源,如有机薄膜电致发光背光源、场序列发



图 0.1 平板显示器的应用

光二极管背光源等。随着材料科学的进步,不断会有更新、更好的光源出现。

在光源的控制研究方面,人们把半导体大规模集成电路的技术和工艺移植过来,研制成功了薄膜晶体管的生产工艺,实现了对单元液晶光阀像素点的矩阵寻址控制,解决了液晶显示器的光阀和控制器的配合问题,液晶显示器的优势凸显,使有源驱动的液晶显示器脱颖而出。新型材料的研究为液晶显示器的技术升级和应用领域扩展提供了广阔的空间。有源驱动的液晶显示器结构科学、合理,发展空间十分广阔。

二、薄膜晶体管的技术特点

薄膜晶体管液晶显示器(thin film transistor liquid crystal display, TFT-LCD)是以液晶为介质、以薄膜晶体管为控制元件的集大规模半导体集成电路技术和平板光源技术于一体的光电子产品。

1. TFT-LCD 的主要优点

(1) TFT-LCD 产品使用特性好,具有固体化、平板化、低功耗、规格型号系